Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 37, No. 3, Fall 2023, p. 857-871

Effect of Calcium and Silver Nanoparticles on Morphophysiological Characteristics of Cut Rose Flower

H. Soleymani[1], M. Aelaei[2*], M. Arghavani[3]

Received: 20-12-2022 Revised: 23-02-2023 Accepted: 25-02-2023 Available Online: 2023	**How to cite this article:** Soleymani, H., Aelaei, M., & Arghavani, M. (2023). Effect of calcium and silver nanoparticles on morphophysiological characteristics of cut rose flower. *Journal of Horticultural Science*, *37*(3), 857-871. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhs.2023.80161.1220

Introduction

Rose is one of the important cut flowers, which has different types. Extending the vase life of rose-cut flowers is very important in the floriculture industry. Every year, due to the lack of proper storage conditions after harvesting, the efficiency of rose production decreases. Therefore, always using materials that help increase the shelf life of cut flowers is valuable. Today, substances that improve the quality of cut flowers are very important. They include materials such as calcium and silver. Nanoparticles are materials with sizes smaller than 100 nanometers. On the other hand, the important role of calcium and silver in improving quality of the cut flowers is interesting for scientists. In this research, the effect of pre-harvest application of calcium nanoparticles along with the post-harvest application of silver nanoparticles on the morpho-physiological characteristics of rose cut flowers (CV: Classic Cezanne) was investigated.

Material and Methods

The current research was carried out during the year 2021 in a commercial rose production greenhouse in Nazarabad city. calcium nanoparticles with different concentrations (0, 5 and 10 mg.L^{-1}) were sprayed on rose bushes every ten days (two months before harvest). After harvesting the flowers and transferring them to the laboratory, silver nanoparticles were added to the flower preservation solution at different concentrations (0, 5 and 10 mg.L^{-1}). After harvesting, the traits (vase life, flower diameter, fresh weight, vase solution uptake, total protein, malondialdehyde and superoxide dismutase) were evaluated on the treated flowers (on days 0, 4, 8 and 12). Experiment was performed as factorial based on completely randomized design, included 9 treatments with 3 replications.

Results and Discussion

Based on the results of analysis of variance of treatment with calcium nanoparticles and silver nanoparticles for the quality of shelf life at the 1% level of Duncan's test, it showed a significant difference. Also, based on the results, the highest amount of vase life is related to the treatment of calcium nanoparticles with a concentration of 10 mg.L^{-1} with the silver nanoparticle treatment in the time after harvesting was at concentrations of 5 and 10 mg (11 days) and the lowest amount was related to the control treatment (7 days).Vase life increased under the effect of treatment with calcium nanoparticles and silver nanoparticles (10 mg.L^{-1}) and caused an increase of 4 days compared to the control (0 mg.L^{-1}) The treatments decreased the amount of malondialdehyde and also increased the relative amount of absorbed solution, total protein and superoxide dismutase enzyme. Based on the results of this study, calcium and silver nanoparticles improved qualitative traits. The simultaneous treatment of calcium and silver nanoparticles (concentration 10 mg.L^{-1}) compared to the control (0 mg.L^{-1}) caused an increase

1, 2 and 3- Ph.D. and Associate Professors, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: maelaei@znu.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/jhs.2023.80161.1220

(14%) in flower diameter, fresh weight (12%), vase solution uptake (46%), superoxide dismutase (21%) and malondialdehyde reduction (37%). Two other important findings emerged from this work: (1) The nanoparticles used in this experiment caused the activation of the enzyme antioxidant system in the treatments (2) The simultaneous treatment of nanoparticles calcium before harvesting and silver nanoparticles treatment after harvesting by activating the antioxidant enzyme system and maintaining the ability to absorb the solution increased the vase life of rose cut flowers. In general, the treatment with calcium nanoparticles at a concentration of 10 mg. L^{-1} before harvesting and the treatment with silver nanoparticles at a concentration of 10 mg.L^{-1} after harvesting were the most effective treatments in most traits.

Conclusion

Calcium is one of the most effective factors in increasing the vase life of rose cut flowers. Treatments containing calcium increase absorption of vase solution uptake. The treatment of calcium nanoparticles increases the total protein and superoxide enzyme compared to the control, so that the simultaneous use of silver and calcium nanoparticles increases the vase life of rose-cut flowers compared to the control. Calcium probably activated a chain of reactions by activating the message transmission system and caused the expression of genes involved in the antioxidant system of the samples. silver nanoparticles by affecting the absorption of vase solution uptake and reducing the amount of malondialdehyde and increasing the total protein and superoxide dismutase enzyme compared to the control, increase the vase life of cut flowers. According to the results obtained from the present research, it can be concluded that use of calcium nanoparticles with silver nanoparticles had great effects on most of traits in compared to control treatment. The use of calcium nanoparticles with silver nanoparticles improves the vase life conditions by increasing water uptake and consequently increasing the relative fresh weight.

Keywords: Antioxidant enzymes, Postharvest, Vase life

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۳، پاییز ۱٤۰۲، ص. ۸۷۱-۸۵۷

تأثیر نانو ذرات کلسیم و نقره بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی گل شاخه بریده رز

حمید سلیمانی[۱]- **میترا اعلائی**[۲*]- **مسعود ارغوانی**[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۲۹
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۲/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۰۶

چکیده

گل رز از جمله گل‌های مهم شاخه بریده می‌باشد که به دلیل عدم شرایط مناسب نگه‌داری در زمان پس از برداشت راندمان تولید این گل به شدت کاهش می‌یابد. در این تحقیق، اثر کاربرد نانو ذرات کلسیم قبل از برداشت همراه با کاربرد نانو ذرات نقره پس از برداشت بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی گل‌های شاخه بریده رز رقم 'Classic Cezanne' مورد بررسی قرار گرفت. پژوهش حاضر در سال ۱۴۰۰ در گلخانه تجاری تولید گل رز در شهرستان نظرآباد استان البرز و موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی انجام شد. نانو ذرات کلسیم با غلظت‌های (صفر، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر) هر ده روز (از دو ماه قبل از برداشت) روی بوته‌های گل رز اسپری شدند. پس از برداشت گل‌ها و انتقال آنها به آزمایشگاه، نانو ذرات نقره در غلظت‌های صفر، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر به آب مقطر حاوی ساکارز سه درصد گل اضافه شد. پس از برداشت گل‌ها در بازه زمانی صفر، ۴، ۸ و ۱۲ روز صفات عمرگلجای، قطر گل، وزن تر نسبی شاخه گل‌ها، میزان نسبی محلول جذب شده، پروتئین کل، مالون دی آلدئید و آنزیم سوپراکسید دیسموتاز مورد ارزیابی قرار گرفتند. عمرگلجایی تحت تاثیر تیمار با نانو ذرات کلسیم و نانو ذرات نقره (۱۰ میلی‌گرم بر لیتر) نسبت به شاهد ۴ روز افزایش یافت. براساس نتایج، در روز دوازدهم اندازه‌گیری تیمار نانو ذرات کلسیم و نقره (غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر) در مقایسه با شاهد (صفر میلی‌گرم در لیتر) باعث افزایش (۱۴ درصد) قطر گل، وزن تر (۱۲ درصد)، مقدار نسبی محلول جذب شده (۴۶ درصد)، سوپراکسید دیسموتاز (۲۱ درصد) و همچنین کاهش مالون دی آلدئید (۳۷ درصد) گردید. تیمارها باعث کاهش مقدار مالون دی آلدئید و همچنین افزایش میزان نسبی محلول جذب شده، پروتئین کل و آنزیم سوپراکسید دیسموتاز شدند. از طرفی نانو ذرات مورد استفاده در این آزمایش باعث فعال شدن سیستم آنتی‌اکسیدانی آنزیمی در تیمارها شد. تیمار نانو ذرات کلسیم قبل از برداشت و نانو ذرات نقره پس از برداشت با فعال کردن سیستم آنزیم آنتی‌اکسیدانی و حفظ توانایی جذب محلول باعث افزایش عمر گل‌های شاخه بریده رز شد. به‌طور کلی تیمار با نانو ذرات کلسیم با غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر قبل از برداشت و تیمار با نانو ذرات نقره با غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر پس از برداشت، در روز دوازدهم موثرترین تیمار در اکثر صفات بودند. با توجه به نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از نانو ذرات کلسیم با نانو ذرات نقره در مقایسه با تیمار شاهد بر اکثر صفات تأثیر بسزایی داشته است. استفاده از نانو ذرات کلسیم با نانو ذرات نقره با افزایش جذب آب و در نتیجه افزایش وزن تازه نسبی، شرایط عمرگلجای را بهبود می‌بخشد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، پس از برداشت، عمرگلجایی

مقدمه

گل رز (*Rosa hybridia* L.)، از خانواده Rosaceae به‌عنوان گل شاخه بریده، گیاه باغی و همچنین برای اهداف دارویی، صنعتی و عطری استفاده می‌شود و گسترده‌ترین استفاده از آن به صورت شاخه بریده است (Leus *et al*., 2018). عمر گلجایی گل‌های شاخه بریده مهم‌ترین عامل در تعیین ارزش اقتصادی آن‌ها است. عمر گل‌های رز بریده شده به دلیل پژمردگی، تولید اتیلن و انسداد آوندها توسط هوا و میکروارگانیسم‌ها کوتاه است (Ghadimian and Danaei, 2020). میکروارگانیسم‌هایی که در محلول‌های نگهدارنده رشد می‌کنند، از

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دکتری و دانشیاران باغبانی گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: maelaei@znu.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/jhs.2023.80161.1220

جمله پارامترهای اصلی هستند که می‌توانند آوندهای چوبی را مسدود کنند و جذب آب و در نهایت عمر پس از برداشت گل‌های شاخه بریده را کاهش دهند (Kazaz *et al*., 2019). امروزه استفاده از محلول های مناسب به منظور افزایش طول عمر پس از برداشت بسیار افزایش یافته است (Langroudi *et al*., 2019).

اخیراً به صورت گسترده‌ای از نانو ذرات درکشاورزی (فرمولاسیون کودها و آفت‌کش‌ها) استفاده می‌گردد (Ghidan and Al Antary, 2019). نانو ذرات نه تنها جوانه‌زنی بذر و رشد گیاه را بهبود می بخشند، بلکه با خاصیت ضد میکروبی خود به افزایش کمیت و کیفیت گیاه کمک می‌نمایند (He *et al*., 2018). کلسیم یکی از موثرترین عوامل در افزایش عمر گلجایی گل‌های شاخه بریده می‌باشد. تجمع کلسیم در بافت‌های گیاهی باعث ایجاد اتصالات پلیمری بین لایه میانی غشای پکتوسلولزی می‌شود که این مهم به تثبیت شبکه دیواره سلولی و افزایش مقاومت مکانیکی بافت‌ها کمک می‌کند (Hepler, 2005). تامین میزان کافی کلسیم باعث افزایش عمر گلجای در گل-های شاخه بریده می‌گردد (Halevy *et al*., 2001). همچنین، کلسیم در مقیاس نانومتری بر رفتار گیاهان در مراحل قبل و بعد از برداشت تأثیر می‌گذارد. محلول‌پاشی درختان سیب با نانو ذرات کلسیم باعث بهبود مشخصات کمی و کیفی آن‌ها گردیده است (Ranjbar *et al*., 2019). نتایج محلول‌پاشی درختان هلو با نانو ذرات کلسیم بیانگر بهبود کمیت و کیفیت میوه‌های هلو در زمان پس از برداشت بوده‌است (Kiafar *et al*., 2019).

تیمار گل شاخه بریده با غلظت‌های مختلف نمک کلرید کلسیم باعث تاخیر در انحنای گل می‌گردد که به تاخیر در پیری گل‌ها نسبت داده می‌شود. این نمک باعث کاهش تنفس و افزایش جذب در گیاه می‌گردد (Handa and Mattoo, 2010). تیمار همزمان با اسید سالیسیلیک و کلرید کلسیم باعث افزایش رشد و جذب بیشتر عناصر N، P، K، Ca و Mg گردید (Abdolmaleki *et al*., 2015). کاربرد نانو کلات کلسیم باعث افزایش میزان کلروفیل و کلسیم بافت ساقه گل‌دهنده و همچنین باعث کاهش نشت یونی در گیاه ژربرا گردید (moallaye mazraei *et al*., 2020). تیمار نانو ذرات کلسیم، پتاسیم و آهن روی گیاه نعناع باعث بهبود صفات کمی و کیفی در آن گردیده است (Bagheri *et al*., 2021). تیمار نانو ذرات کلسیم روی گیاه *Lansium domesticum* باعث کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنول اکسیداز و تغییر رنگ بافت آن شد (Lichanporn *et al*., 2019).

نانو ذرات نقره به دلیل از دست دادن دو الکترون از سطح پوسته خود، ارگانیسم‌های بیماری‌زا را جذب و به آن‌ها آسیب می‌رسانند و در نهایت باعث نابودی آن‌ها می‌شوند (Naing and Kim, 2020). نانو ذرات نقره با برهم زدن ساختار غشای سلولی در قارچ‌ها به عنوان یک عامل ضد قارچی عمل می‌کنند (Tran and Le, 2013). اخیراً، بسیاری از محققان نقش نانو ذرات نقره را در افزایش عمر پس از برداشت گل‌های مختلف شاخه بریده مانند گل‌های ژربرا، گلایول و رز نشان داده‌اند (Li *et al*., 2017) که در آن نانو ذرات نقره می‌توانند نه تنها ژن‌های بیوسنتز اتیلن بلکه رشد باکتریایی در ساقه‌های بریده شده را که عمدتاً با طول عمر گل‌های شاخه بریده مرتبط هستند، سرکوب کنند. گزارش شده است محلول محافظ حاوی ۲ میلی‌گرم بر لیتر نانو ذرات نقره موجب افزایش طول عمر گل شاخه بریده، قطر گل و درصد شکوفایی در گل رز گردید (Mohammadi Ostad Kalayeh *et al*., 2011). کاربرد همزمان نانو ذرات نقره و کلسیم روی گل آلسترومریا باعث افزایش عمر گلجای آن گردید (Samadzadeh and Kamiab, 2017).

گزارش‌های مختلف نشان می‌دهند که کاربرد تیمارهای قبل از برداشت در مراحل مختلف رشدی، تأثیر متفاوتی بر فیزیولوژی محصولات قبل و پس از برداشت می‌گذارد که عمر پس از برداشت را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین در این پژوهش اثر کاربرد تیمارهای نانو ذرات کلسیم به صورت محلول‌پاشی قبل از برداشت و نانو ذرات نقره در محلول گلجای بر برخی خصوصیات کیفی و عمر گلجای گل‌های رز شاخه بریده رقم کلاسیک سزان (*Rosa hybridia*. CV: Classic Cezanne) مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در یک گلخانه تجاری تولید گل رز در شهرستان نظرآباد، استان البرز با مختصات طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۶۴ دقیقه و با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۸۸ دقیقه و ارتفاع ۱۱۹۵ متر از سطح دریا با میانگین دمای روزانه ۲۲ و دمای شبانه ۱۷ درجه سانتی گراد با رطوبت ۷۵–۶۰ درصد و طول روز ۹ ساعت با بستر کشت ۶۰ درصد کوکوپیت و۴۰ درصد پرلیت و تغذیه با محلول غذایی هوگلند انجام گرفت. نانو ذرات کلسیم از شرکت سپهر پارمیس با ذراتی به قطر ۱۵ نانومتر و نانو ذرات نقره از شرکت فاین نانو با ذراتی به قطر ۲۵ نانومتر خریداری شد. فاکتور اول شامل محلول‌پاشی قبل از برداشت با نانو ذرات کلسیم به غلظت صفر، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر از دو ماه قبل از برداشت (هر ۱۰ روز یکبار و در مجموع شش بار در ماه‌های مهر و آبان سال ۱۴۰۰) و فاکتور دوم شامل اضافه کردن نانو ذرات نقره با غلظت صفر، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر به محلول گلجایی در گل‌های تیمار شده با نانو ذرات کلسیم بود.

نمونه‌های سالم و یکنواخت از بین گل‌های تیمار شده با نانو ذرات کلسیم انتخاب شد و بعد از انتقال به آزمایشگاه در زیر آب انتهای آن ها بریده و هم ارتفاع (۵۰ سانتی‌متر) گردیدند و درون آب مقطر قرار داده شدند. سپس گلها در تاریکی و دمای ۷ درجه به مدت سه ساعت قرار داده شد تا همگی در حالت محتوای آب نسبی مشابه قرار گیرند. شاخه‌ها پس از توزین توسط ترازوی دیجیتالی، به تعداد ۱۰ شاخه گل

درون هر ظرف شیشه‌ای حاوی محلول تیمارهای مورد نظر قرار گرفتند. ساکارز ۳ درصد برای تمام گل ها به محلول گلجای اضافه شد. سپس تیمار نانو ذرات نقره در سه غلظت صفر، ۵ و ۱۰ میلی گرم در لیتر به محلول گلجای اضافه شد و بعد گل‌های تیمار شده در شرایط محیطی آزمایشگاه با دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۶۰ درصد و شدت نور ۱۲ میکرومول در متر مربع در ثانیه با استفاده از لامپ‌های مهتابی تحت طول روز ۱۲ ساعت نگهداری شدند و در بازه‌های زمانی صفر، ۴، ۸ و ۱۲ روز نمونه‌ها تحت ارزیابی قرار گرفتند. برای اجرای تحقیق از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار استفاده شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS ۹,۳ آنالیز گردید و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

صفات مورد ارزیابی شامل: عمرگلجای، قطر گل، وزن تر نسبی شاخه گل‌ها، میزان نسبی محلول جذب شده، پروتئین کل، مالون دی آلدئید و آنزیم سوپراکسید دیسموتاز بود. عمر گلجای، از زمانی که گل‌ها در داخل محلول قرار داده شدند به عنوان روز صفر یادداشت گردید و تا زمان پژمردگی گلبرگ به میزان۶۰ درصد و خمیدگی گردن بیشتر از ۹۰ درجه پایان عمر گلجای، گل تلقی شد (Chamani *et al.*, 2005). قطر گل توسط کولیس اندازه‌گیری شد و بر حسب میلی‌متر محاسبه شد. وزن تر نسبی شاخه گل‌ها توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم در ابتدای آزمایش و پیش از قرارگیری در محلول‌ها و پس از آن در طی دوره آزمایش اندازه‌گیری شد. وزن تر نسبی شاخه گل با استفاده از رابطه زیر برحسب درصد محاسبه گردید که درآن RFW وزن تر نسبی بر حسب درصد، Wt وزن شاخه گل بر حسب گرم در روزهای دیگر آزمایش، Wt=0 وزن همان شاخه گل در روز صفر می‌باشد.

$$RFW= (Wt/Wt=0) \times 100 \quad \text{(رابطه ۱)}$$

میزان نسبی محلول جذب شده با روش (He *et al.*, 2012) محاسبه گردید. استخراج پروتئین کل بر اساس روش (Bradford, 1976) صورت گرفت. جهت ارزیابی آسیب تنش اکسیداتیو به غشای سلولی، غلظت مالون دی آلدئید (MDA) به عنوان محصول واکنش پراکسیده شدن اسیدهای چرب اندازه‌گیری شد (Stewart *et al.*, 1980). اساس اندازه‌گیری فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز، اثر بازدارندگی این آنزیم با احیای نوری نیتروبلوتترازولیوم (NBT) است (Giannopolitis and Ries, 1977).

نتایج و بحث

براساس جدول ۱ تجزیه واریانس اثر متقابل تیمار نانو ذرات کلسیم و تیمار نانو ذرات نقره برای صفت عمر گلجای در سطح یک درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار نشان داد، همچنین براساس جدول ۲ تجزیه واریانس اثر متقابل تیمار نانو ذرات کلسیم و تیمار نانو ذرات نقره برای صفات وزن تر نسبی شاخه گل‌ها و میزان نسبی محلول جذب شده اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثرات تیمارهای نانو ذرات کلسیم و نانو ذرات نقره روی صفات گل رز شاخه بریده (رقم 'Classic Cezanne')

Table 1- ANOVA for the effects of calcium nanoparticles (CNP) and silver nanoparticles (SNP) application on rose cut flower cv. Classic Cezanne characteristics

منابع تغییرات Sources of variance	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Means of Square عمرگلجای Vase life
تکرار Replication	2	0.2^{ns}
نانو ذرات کلسیم CNP	2	15.2**
نانو ذرات نقره SNP	2	6.7**
CNP × SNP	4	1.6**
خطا Error	16	0.1
ضریب تغییرات C.V. (%)		4.1

^{ns}، ** و * به‌ترتیب عدم معنی‌دار، و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

^{ns}, ** and *: non-significant, and significant at $p\leq0.01$ and $p\leq0.05$, respectively.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تیمارهای نانو ذرات کلسیم و نانو ذرات نقره روی صفات گل رز شاخه بریده (رقم 'Classic Cezanne') در روزهای اول و چهارم

Table 2- ANOVA for the effects of calcium nanoparticles (CNP) and silver nanoparticles (SNP) treatments on rose cv. Classic Cezanne cut flower characteristics at harvesting at 1st and 4th days

زمان نمونه‌برداری Sampling time	منابع تغییرات Sources of variance	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of square قطر گل Flower diameter	وزن تازه Fresh weight	میزان نسبی محلول جذب شده Vase solution uptake	پروتئین کل Total protein	مالون‌دی‌آلدئید Malondialdehyde	سوپراکسید دیسموتاز Superoxide dismutase
روز اول پس از برداشت 1st day after harvesting	تکرار Replication	2	0.14^{ns}	0^{ns}	0^{ns}	0.25^{ns}	0.001^{ns}	0.14^{ns}
	نانو ذرات کلسیم CNP	2	0.25^{*}	0^{ns}	0^{ns}	19.37^{**}	0.02^{**}	6.7^{**}
	نانو ذرات نقره SNP	2	0.48^{*}	0^{ns}	0^{ns}	10.48^{**}	0.02^{**}	8.03^{**}
	CNP × SNP	4	0.48^{*}	0^{ns}	0^{ns}	4.92^{**}	0.002^{*}	1.3^{**}
	خطا Error	16	0.14	0	0	0.13	0.001	0.14
	ضریب تغییرات C.V (%)		0.93	0	0	1.7	1.8	1.6
روز چهارم پس از برداشت 4th day after harvesting	تکرار Replication	2	0.25^{ns}	0.25^{ns}	0.00004^{ns}	0.59^{ns}	0.05^{ns}	0.1^{ns}
	نانو ذرات کلسیم CNP	2	1.03^{*}	29.48^{**}	0.01^{**}	48.9^{**}	1.56^{**}	3.1^{**}
	نانو ذرات نقره SNP	2	7.81^{**}	31.14^{**}	0.02^{**}	30.7^{**}	0.8^{**}	114.7^{**}
	CNP × SNP	4	0.81^{*}	2.37^{**}	0.002^{**}	2.2^{**}	0.01^{*}	1.22^{*}
	خطا Error	16	0.25	0.3	0.00003	0.21	0.03	0.19
	ضریب تغییرات C.V. (%)		0.93	0.49	0.82	2.66	5.6	1.37

ns، ** و * به‌ترتیب عدم معنی‌دار، و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, ** and *: non-significant, and significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تیمارهای نانو ذرات کلسیم و نانو ذرات نقره روی صفات گل رز شاخه بریده (رقم 'Classic Cezanne') در روزهای برداشت هشتم و دوازدهم

Table 2- ANOVA for the effects of calcium nanoparticles (CNP) and silver nanoparticles (SNP) treatments on rose cv. Classic Cezanne cut flower characteristics at harvesting in 8th and 12th days

			میانگین مربعات Means of Square					
زمان نمونه‌برداری Sampling time	منابع تغییرات Sources of variance	درجه آزادی df	قطر گل Flower diameter	وزن تازه Fresh weight	میزان نسبی محلول جذب شده Vase solution uptak	پروتئین کل Total protein	مالون‌دی‌آلدئید Malondialdehyde	سوپراکسید دیسموتاز Superoxide dismutase
روز هشتم پس از برداشت 8th day after harvesting	تکرار Replication	2	0.03^{ns}	0.03^{ns}	0.000003^{ns}	0.03^{ns}	0.01^{ns}	0.03^{ns}
	نانو ذرات کلسیم CNP	2	22.92^{**}	24.10^{**}	0.06^{**}	44.59^{**}	2.11^{**}	22.37^{**}
	نانو ذرات نقره SNP	2	29.14^{**}	105.80^{**}	0.04^{**}	79.59^{**}	2.76^{**}	38.37^{**}
	CNP × SNP	4	3.75^{**}	1.81^{**}	0.002^{**}	4.09^{*}	0.16^{**}	2.42^{*}
	خطا Error	16	0.20	0.24	0.00001	0.12	0.004	0.32
	ضریب تغییرات C.V. (%)		0.87	0.49	0.50	3.64	1.4	2.15
روز دوازدهم پس از برداشت 12th day after harvesting	تکرار Replication	2	0.14^{ns}	0.14^{ns}	0.00005^{ns}	0.11^{ns}	0.002^{ns}	0.14^{ns}
	نانو ذرات کلسیم CNP	2	23.14^{**}	8.48^{**}	0.04^{**}	30.77^{**}	1.40^{**}	9.14^{**}
	نانو ذرات نقره SNP	2	49.37^{**}	190.7^{**}	0.04^{**}	45.77^{**}	3.60^{**}	42.25^{**}
	CNP × SNP	4	6.14^{**}	4.14^{**}	0.003^{**}	0.22^{*}	0.60^{**}	2.31^{**}
	خطا Error	16	0.18	0.39	0.00002	0.02	0.001	0.14
	ضریب تغییرات C.V. (%)		0.87	0.68	0.7	5.6	0.7	1.51

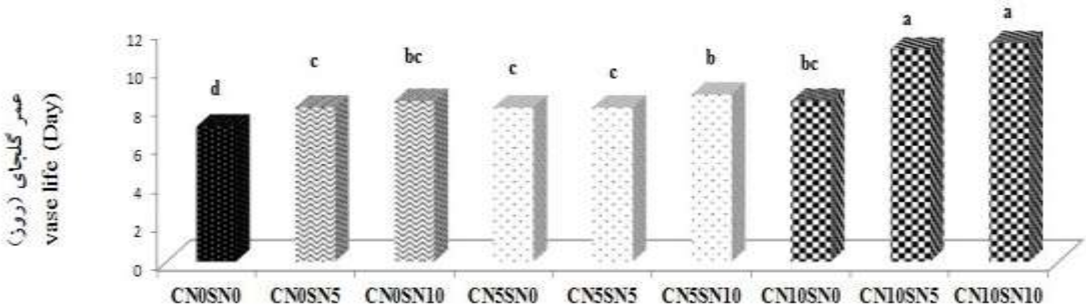
ns، ** و * به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, ** and *: non-significant, significant at $p\leq0.01$ and $p\leq0.05$, respectively

اثر متقابل تیمار نانو ذرات کلسیم و نانو ذرات نقره برای صفات پروتئین کل و سوپراکسید دیسموتاز در سطح یک درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار نشان داد، اما صفات قطر گل و مالون‌دی‌آلدئید در سطح پنج درصد اختلاف مشاهده شد. در روز چهارم نمونه‌برداری پس از برداشت اثر متقابل تیمار نانو ذرات کلسیم و نانو ذرات نقره برای صفات وزن تازه، میزان نسبی محلول جذب شده و پروتئین کل در سطح یک درصد و برای صفات قطر گل، مالون‌دی‌آلدئید و سوپراکسید دیسموتاز در سطح پنج درصد آزمون دانکن اختلاف معنی داری به ثبت رسید. در روز هشتم نمونه‌برداری، اثر متقابل تیمار نانو ذرات کلسیم و نانو ذرات نقره برای صفات وزن تازه، میزان نسبی محلول جذب شده و مالون‌دی‌آلدئید در سطح یک درصد و برای صفات پروتئین کل و سوپراکسید دیسموتاز در سطح پنج درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار داشت. در روز دوازدهم نمونه‌برداری پس از برداشت اثر متقابل تیمار نانو ذرات کلسیم و نانو ذرات نقره برای همه صفات در سطح یک درصد و برای صفت پروتئین کل در سطح پنج درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۳).

عمر گلجای

براساس شکل ۱ در صفت عمر گلجای تیمار ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با ۱۰میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره با میانگین ۱۱/۳۳ روز اثربخش‌ترین تیمار بود و پس از آن تیمار ۱۰میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با ۵ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره با میانگین ۱۱ روز قرار داشت که نسبت به تیمار شاهد (غلظت صفر میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با غلظت صفر میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره) عمر گل ها را چهار روز افزایش داد. یکی از عملکردهای اصلی نانو ذرات، اثر ضد میکروبی است که آن‌ها را به یک محلول نگهدارنده موثر برای افزایش عمر گل‌های شاخه بریده تبدیل می‌کند. افزودن کلسیم به محلول گلجای باعث افزایش ماندگاری گل‌های شاخه بریده می‌گردد (Perik *et al.*, 2014). کلسیم معمولاً از طریق محلول‌هایی به‌عنوان کلریدکلسیم یا لاکتات استفاده می‌شود و این تیمارها باعث افزایش عمر گلجای در گیاه ژربرا گردیده است (Combrink, 2017). تیمارهای حاوی کلسیم در گل های ژربرا مانع خم شدن ساقه و افزایش عمر ماندگاری گل ژربرا گردید (Nikbakht *et al.*, 2008). همچنین کاربرد همزمان نانو ذرات نقره و کلسیم روی گل آلسترومریا باعث افزایش عمر گلجای آن شد (Samadzadeh and Kamiab, 2017). سنتز اتیلن و انسداد عروق توسط میکروب‌ها یا هوا را می‌توان به یکی از عمده‌ترین عوامل در کاهش عمر گلجای در گل‌ها دانست (Sudaria *et al.*, 2017). استفاده از نانو ذرات نقره به دلیل بلوکه کردن مسیر سنتز اتیلن باعث افزایش عمر گلجای در گیاه شاه اشرفی شد (Skutnik *et al.*, 2020). همچنین استفاده از نانو ذرات نقره روی گیاه میخک به دلیل متوقف کردن تولید اتیلن باعث افزایش عمر گلجای شده است (Liu *et al.*, 2018). همچنین استفاده از نانو ذرات نقره در محلول نگه داری به غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر باعث کاهش خمش گل و پراکسیداسیون لیپیدی گردید (Hajizadeh *et al.*, 2016). اضافه کردن نانو ذرات نقره به محلول گلدانی میخک (*Dianthus caryophyllus* L.) باعث حفظ تعادل آب، وزن تازه و تاخیر در پژمردگی گردید (Lin *et al.*, 2019). با توجه به نتایج سایر تحقیقات و تحقیق اخیر نانو ذرات توانایی افزایش عمر گلجای را در رزهای شاخه بریده دارند.



شکل ۱- اثر تیمارهای آزمایش بر عمرگلجای گل شاخه بریده رز رقم 'Classic Cezanne'

Figure 1- The effect of experimental treatments on the vase life of rose cv. Classic Cezanne cut flower

در هر ستون حروف یکسان نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار می‌باشد. (CN_0= غلظت صفر میلی‌گرم بر لیتر نانو ذرات کلسیم، CN_5 = غلظت ۵ میلی‌گرم بر لیتر نانو ذرات کلسیم ، CN_{10} = غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر نانو ذرات کلسیم ، SN_0 = غلظت صفر میلی‌گرم بر لیتر نانو ذرات نقره، SN_5 = غلظت ۵ میلی‌گرم بر لیتر نانو ذرات نقره، SN_{10} = غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر نانو ذرات نقره)

CN_0 = zero mg.L^{-1} calcium nanoparticles, CaN_5 = 5 mg.L^{-1} calcium nanoparticles, CN_{10}= 10 mg.L^{-1} calcium nanoparticles, SN_0 = zero mg.L^{-1} calcium nanoparticles, SN_5 = 5 mg.L^{-1} silver nanoparticles, and SN_{10}=10 mg.L^{-1} silver nanoparticles

جدول ٤- اثرات تیمارهای نانو ذرات کلسیم و نانو ذرات نقره روی صفات گل رز شاخه بریده رقم 'Classic Cezanne' در روزهای برداشت اول و چهارم

Table 3- The interaction effects of calcium nanoparticles (CNP) ×silver nanoparticles (SNP) treatments on some rose cut flower (Classic Cezanne) characteristics at eighth and twelfth days

زمان نمونه‌برداری Sampling time	تیمارها Treatments	قطر گل Flower diameter (mm)	وزن تر نسبی Relative Fresh weight (% initial Fw)	میزان نسبی محلول جذب شده Vase solution uptak ($mL.\ g^{-1}Fw.day^{-1}$)	پروتئین کل Total protein ($mg.\ g^{-1}Fw$)	مالون‌دی‌آلدئید Malondialdehyde ($\mu mol.\ g^{-1}\ Fw$)	سوپراکسید دیسموتاز Superoxide dismutase ($unit.g^{-1}.protein$)
روز اول (پس از برداشت) first day after harvesting)	CN_0SN_0	41^{bc}	100^{a}	0^{a}	20^{e}	2.16^{b}	21.66^{c}
	CN_0SN5	40.66^{c}	100^{a}	0^{a}	20^{e}	2.1^{c}	22^{c}
	CN_0SN_{10}	41.33^{b}	100^{a}	0^{a}	20^{e}	2.13^{c}	22^{c}
	CN_5SN_0	41^{bc}	100^{a}	0^{a}	19.66^{e}	2.23^{a}	21.66^{c}
	CN_5SN_5	41^{bc}	100^{a}	0^{a}	21.66^{c}	2.1^{c}	23.66^{b}
	CN_5SN_{10}	41^{bc}	100^{a}	0^{a}	20^{e}	2.1^{c}	24^{b}
	$CN_{10}SN_0$	41.33^{b}	100^{a}	0^{a}	21^{d}	2.1^{c}	22^{c}
	$CN_{10}SN_5$	41.33^{b}	100^{a}	0^{a}	23.66^{b}	2.03^{d}	24^{b}
	$CN_{10}SN_{10}$	42^{a}	100^{a}	0^{a}	24.66^{a}	2^{d}	24.66^{a}
روز چهارم (پس از برداشت) Fourth day (after harvesting)	CN_0SN_0	53.66^{de}	108.33^{d}	0.63^{h}	12^{f}	4.2^{a}	28^{e}
	CN_0SN5	54.66^{bc}	110.33^{bc}	0.65^{f}	15.66^{e}	3.76^{b}	32.66^{d}
	CN_0SN_{10}	54.33^{cd}	110^{c}	0.67^{e}	17^{d}	3.8^{b}	33.33^{cd}
	CN_5SN_0	53^{e}	108^{d}	0.61^{i}	17.33^{d}	3.66^{b}	28^{e}
	CN_5SN_5	54.33^{cd}	111^{b}	0.7^{d}	18.33^{c}	3.1^{c}	34^{bc}
	CN_5SN_{10}	54.66^{bc}	111^{b}	0.71^{c}	19.33^{b}	3^{c}	34.66^{ab}
	$CN_{10}SN_0$	53^{e}	109.66^{c}	0.64^{g}	17.33^{d}	3.5^{b}	27.66^{e}
	$CN_{10}SN_5$	55.33^{ab}	114.33^{a}	0.76^{b}	19.33^{b}	3.03^{c}	34.66^{ab}
	$CN_{10}SN_{10}$	55.66^{ab}	114.66^{a}	0.78^{a}	21.33^{a}	2.93^{c}	35^{a}

در هر ستون حروف یکسان نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار میباشد. (CN_0= غلظت صفر میلی‌گرم بر لیتر نانو ذرات کلسیم، CN_5 = غلظت ۵ میلی‌گرم بر لیتر نانو ذرات کلسیم ، CN_{10} = غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر نانو ذرات کلسیم ، SN_0 = غلظت صفر میلی‌گرم بر لیتر نانو ذرات نقره، SN_5 = غلظت ۵ میلی‌گرم بر لیتر نانو ذرات نقره، SN_{10} = غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر نانو ذرات نقره)

In each column, values with same letter does not have significantly difference with each other. (CN_0 = concentration of zero mg. L^{-1} calcium nanoparticles, CaN_5 = concentration of 5 mg. L^{-1} calcium nanoparticles, CN_{10}= concentration of 10 mg. L^{-1} calcium nanoparticles, SN_0 = Concentration of zero mg. L^{-1} calcium nanoparticles, SN_5 = Concentration of 5 mg. L^{-1} silver nanoparticles and SN_{10}= Concentration of 10 mg. L^{-1} silver nanoparticles)

جدول ۵- اثرات تیمارهای نانو ذرات کلسیم و نانو ذرات نقره روی صفات گل رز شاخه بریده (رقم Classic Cezanne) در روزهای هشتم و دوازدهم

Table 3- The effects of calcium nanoparticles (CNP) and silver nanoparticles (SNP) treatments on some rose cut flower flower (Classic Cezanne) characteristics at eighth and twelfth days

زمان نمونه‌برداری Sampling time	تیمارها Treatments	قطر گل Flower diameter (mm)	وزن تر نسبی Relative Fresh weight (% initial Fw)	میزان نسبی محلول جذب شده Vase solution uptak (ml. g^{-1} Fw.day^{-1})	پروتئین کل Total protein Fw) (mg. g^{-1}	مالون‌دی‌آلدئید Malondialdehyde (µmol. g^{-1} Fw)	سوپراکسید دیسموتاز Superoxide dismutase (unit.g^{-1}.protein)
روز هشتم (پس از برداشت) Eighth day (after harvesting)	CN_0SN_0	49^{d}	96^{f}	0.56^{i}	4^{h}	6.13^{a}	23^{f}
	CN_0SN5	50.66^{c}	100^{d}	0.62^{g}	7.33^{g}	4.93^{c}	25.66^{d}
	CN_0SN_{10}	51^{bc}	101^{c}	0.64^{f}	9.66^{e}	4.6^{d}	26^{d}
	CN_5SN_0	49.33^{d}	95^{g}	0.6^{h}	7^{g}	5.16^{b}	24.33^{e}
	CN_5SN_5	51.33^{bc}	101.33^{c}	0.76^{d}	11^{d}	4.36^{e}	28^{c}
	CN_5SN_{10}	51.66^{b}	102.66^{b}	0.78^{c}	13^{b}	4.26^{f}	28.33^{bc}
	$CN_{10}SN_0$	49.66^{d}	98^{e}	0.68^{e}	8^{f}	4.66^{d}	25.33^{d}
	$CN_{10}SN_5$	55^{a}	104^{a}	0.79^{b}	11.66^{c}	4.2^{f}	29^{ab}
	$CN_{10}SN_{10}$	55^{a}	104.33^{a}	0.84^{a}	14^{a}	3.93^{g}	29.66^{a}
روز دوازدهم (پس از برداشت) Twelveth day (after harvesting)	CN_0SN_0	47.66^{c}	85.66^{g}	0.5^{h}	4^{f}	7^{a}	23^{e}
	CN_0SN5	50^{b}	93.33^{d}	0.53^{g}	6.66^{e}	5.13^{e}	24.66^{d}
	CN_0SN_{10}	49.66^{b}	96.66^{a}	0.54^{f}	8.66^{d}	5^{f}	25.33^{c}
	CN_5SN_0	47^{c}	87.33^{f}	0.56^{e}	7^{e}	5.83^{b}	23^{e}
	CN_5SN_5	50^{b}	94.66^{c}	0.57^{d}	10^{c}	5.16^{d}	27^{b}
	CN_5SN_{10}	50.33^{b}	95.33^{bc}	0.68^{c}	11.3^{ab}	5.06^{ef}	27.66^{a}
	$CN_{10}SN_0$	47.33^{c}	89.33^{e}	0.7^{b}	7.33^{e}	5.3^{c}	23^{e}
	$CN_{10}SN_5$	54^{a}	96^{ab}	0.73^{a}	10.66^{bc}	5.06^{ef}	27.66^{a}
	$CN_{10}SN_{10}$	54.33^{a}	96^{ab}	0.73^{a}	12^{a}	4.4^{g}	28^{a}

در هر ستون حروف یکسان نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار میباشد. (CN_0= غلظت صفر میلی‌گرم بر لیتر نانو ذرات کلسیم، CN_5 = غلظت ۵ میلی‌گرم بر لیتر نانو ذرات کلسیم ، CN_{10} = غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر نانو ذرات کلسیم ، SN_0 = غلظت صفر میلی‌گرم بر لیتر نانو ذرات نقره، SN_5 = غلظت ۵ میلی‌گرم بر لیتر نانو ذرات نقره، SN_{10} = غلظت ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر نانو ذرات نقره)

In each column, values with same letter does not have significantly difference with each other. (CN_0 = concentration of zero mg.L^{-1} calcium nanoparticles, CaN_5 = concentration of 5 mg.L^{-1} calcium nanoparticles, CN_{10}= concentration of 10 mg.L^{-1} calcium nanoparticles, SN_0 = Concentration of zero mg. L^{-1} calcium nanoparticles, SN_5 = Concentration of 5 mg.L^{-1} silver nanoparticles and SN_{10}= Concentration of 10 mg.L^{-1} silver nanoparticles)

اثر تیمارهای آزمایش بر قطر گل‌های بریده رز در پس از برداشت

در روز اول نمونه‌برداری گل‌های تیمار شده با ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با ۱۰میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره نسبت به شاهد (غلظت صفر میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با غلظت صفر میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره) یک میلی‌متر اختلاف داشت و در روز چهارم، هشتم و دوازدهم نمونه‌برداری به‌ترتیب ۲، ۶ و ۷ میلی‌متر اختلاف مشاهده شد که این اختلاف ایجاده شده می‌تواند به علت کاهش کیفیت و پژمردگی گلبرگ‌ها در نمونه‌های شاهد نسبت به نمونه‌های تیمار شده باشد. به طور کلی در صفت قطر گل با گذشت زمان قطر گل افزایش داشت، اما پس از روز چهارم قطر گل‌ها کاهش یافت. بیشترین قطر گل در روز چهارم، هشتم و دوازدهم به‌ترتیب ۵۵/۶۶، ۵۵ و ۵۴/۳۳ میلی‌متر، برای تیمار با غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با ۱۰میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره مشاهده شد (جداول ۴ و ۵). در صفت قطر گل حفظ تورژسانس گل بسیار مهم است. تیمار نانو ذرات کلسیم بر گل ژربرا ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت و به‌طور کلی گل‌های تیمار شده توانایی بیشتری در حفظ تورژسانس خود داشتند (García-González *et al*, 2022). کاربرد هم‌زمان سولفات کلسیم و پلی‌آمین روی گل های رز شاخه بریده باعث افزایش پارامترهایی از جمله ارتفاع ساقه، طول و قطر گل، وزن تازه ساقه و عمر گلجای گردید (Hosseini Farahi and Aboutalebi Jahroomi, 2018) که نتایج این تحقیقات با مشاهدات حاصل از تیمار های مورد استفاده در این آزمایش مطابقت دارد. گزارش شده است محلول محافظ حاوی ۲ میلی‌گرم بر لیتر نانو ذرات نقره موجب افزایش طول عمر گل شاخه بریده، قطر گل و درصد شکوفایی در گل رز گردید (Mohammadi Ostad Kalayeh *et al*., 2011).

وزن تر نسبی شاخه گل‌ها و میزان نسبی محلول جذب شده

در بررسی روند مقایسه‌ای گل های تیمار شده با ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با ۱۰میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره نسبت به شاهد (غلظت صفر میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با غلظت صفر میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره) در روز اول نمونه برداری اختلافی وجود نداشت و در روزهای چهارم، هشتم و دوازدهم به‌ترتیب ۶/۳۳، ۸ و ۱۰/۳۴ درصد اختلاف مشاهده شد. به طور کلی در صفت وزن‌تر نسبی شاخه گل‌ها با گذشت زمان وزن گل‌ها کاهش یافت و این در حالی بود که گل‌های تیمار شده با نانو ذرات کلسیم با غلظت۱۰ میلی‌گرم در لیتر کاهش وزن کمتری داشتند. بیشترین میزان وزن‌تر نسبی شاخه گل‌ها در روز چهارم و در غلظت۱۰ میلی-گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با تیمار پس از برداشت نانو ذرات نقره به غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بود و پس از آن تیمار۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم و تیمار ۵ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره بود که تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. پس از روز چهارم شاهد روند کاهشی در صفت وزن‌تر شاخه بودیم به‌طوری که کمترین میزان وزن تر شاخه در روز دوازدهم تیمار شاهد (تیمار صفر میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم و تیمار صفر میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره) مشاهده گردید (جداول ۴ و ۵).

نتایج این تحقیق نشان داد در صفت میزان محلول جذب شده در روز اول نمونه‌برداری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و در نمونه برداری روز چهارم، هشتم و دوازدهم گل‌های تیمار شده با ۱۰ میلی-گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با ۱۰میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره نسبت به شاهد (غلظت صفر میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با غلظت صفر میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره) ۰/۱۵، ۰/۲۸ و ۰/۲۳ میلی‌لیتر در روز محلول بیشتر جذب شده است که باعث حفظ تورژسانس سلول‌ها نمونه تیمار شده نسبت به شاهد شد. به طور کلی در این صفت ابتدا افزایش میزان جذب مواد مشاهده شد و پس از روز هشتم میزان جذب محلول کاهش یافت. بیشترین میزان جذب مواد محلول در روز هشتم و تیمار ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با تیمار پس از برداشت نانو ذرات نقره به غلظت ۱۰ میلی‌گرم مشاهده شد. در روز دوازدهم کمترین میزان جذب مواد محلول متعلق به تیمار شاهد (۰/۵ میلی‌لیتر در روز) و بیشتر آن متعلق به تیمار ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با تیمار پس از برداشت نانو ذرات نقره به غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر (۰/۷۳ میلی‌لیتر در روز) بود (جداول ۴ و ۵). کاهش وزن به دلیل جذب کمتر آب در گیاه (Rani and Singh, 2014) خم شدن ساقه و کاهش وزن یک شاخص مهم در کیفیت پس از برداشت گل‌های شاخه بریده‌است (Saeed *et al*., 2016). تعرق همراه با جذب آب پس از قطع گل افزایش می‌یابد از این رو، اگر جذب آب کافی نباشد یا به اندازه مورد نیاز گل شاخه بریده نباشد، ساقه‌های گل بریده آب خود را از دست می‌دهند و باعث کم آبی و از بین رفتن تورژسانس در تمام بافت‌ها می‌شود (Perik *et al*., 2014). هر چقدر میزان جذب مواد محلول بیشتر باشد میزان عمرگلجای در گل‌های شاخه بریده بیشتر است (Abd-El-Hady, 2020).

تیمارهای حاوی کلسیم باعث افزایش جذب در محلول جذب شده می‌گردند (Combrink, 2017). در تیمارهایی که حاوی میزان بیشتری نانو ذرات کلسیم هستند میزان بیشتر جذب محلول گزارش شده است (Moallaye-Mazraei *et al*., 2020) توانایی نگه‌داری شکل گل و از دست ندادن آب در پس از برداشت بسیار حائز اهمیت

می‌باشد (Mohamed *et al*., 2018). با شروع مراحل پیری در گل های شاخه بریده توانایی جذب در آن‌ها کاهش می یابد و وزن آن‌ها شروع به کاهش می‌نماید (Reid and Jiang, 2012). از طرف دیگر نانو ذرات نقره نه تنها باکتری‌های در حال رشد در محلول گلدان را از بین می‌برند، بلکه از طریق بافت‌های آوندی وارد ساقه گل‌های شاخه بریده می‌شوند و از تجمع باکتری‌ها در انتهای بریده شده جلوگیری می‌کنند (Naing and Kim, 2020). تیمار با نانو ذرات نقره در گل رز شاخه بریده و میخک با محدود کردن رشد باکتری، سرعت تعرق و هدایت روزنه، نرخ جذب آب و وزن تازه را افزایش می‌دهد. گل‌های رز تیمار شده با نانو ذرات نقره دارای آوند چوبی با انتهای باز بوده‌اند و این درحالی است که انتهای بریده شده ساقه رز تیمار شده با آب مقطر به دلیل وجود میکروارگانیسم‌ها مسدود شده‌اند (Amin, 2017). همچنین تیمار نانو ذرات نقره با غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر محلول گلدانی باعث سرکوب تولید اتیلن می‌گردد (Koohkan *et al*., 2014). اضافه کردن نانو ذرات نقره به محلول گلدانی گل رز شاخه بریده باعث جلوگیری از انسداد انتهای ساقه به دلیل رشد باکتری می‌گردد (Li *et al*., 2017). اضافه کردن نانو ذرات نقره به ترتیب به محلول گلدانی باعث افزایش عمر گل تا ۸ روز در گیاه گاردانیا شد (Shafiee masoule, 2018)، همچنین اضافه کردن ۵۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره در محلول نگهدارنده گل لیلوم باعث حفظ سایز گل و تداوم در جذب آب گردید (Vinodh *et al*., 2013). همانطور که نتایج نشان داد نانو ذرات کلسیم همراه با نانو ذرات نقره باعث بهبود در صفت وزن تر نسبی شاخه گل‌ها و صفت میزان نسبی محلول جذب شده می‌گردند.

پروتئین کل، مالون‌دی‌آلدئید و آنزیم سوپراکسید دیسموتاز

نتایج این تحقیق نشان داد در صفت میزان پروتئین کل در نمونه برداری روز اول، چهارم، هشتم و دوازدهم گل‌های تیمار شده با ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با ۱۰میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره نسبت به شاهد (غلظت صفر میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با غلظت صفر میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره) به‌ترتیب ۴/۶۶، ۹/۳۳، ۱۰ و ۸ میلی‌گرم در گرم ماده تازه، اختلاف نشان داد. به‌طور کلی میزان پروتئین کل با گذشت زمان در تمام تیمارهای مورد بررسی کاهش یافت. بیشترین میزان پروتئین (۲۴/۶۶ میلی‌گرم در گرم ماده تازه) در روز اول و در تیمار نانو ذرات کلسیم به غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر همراه با تیمار پس از برداشت نقره به غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد و کمترین میزان (۴ میلی‌گرم در گرم ماده تازه) آن در روز هشتم و ۱۲ام در تیمار شاهد (غلظت صفر میلی گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با غلظت صفر میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره) مشاهده شد (جداول ۴ و ۵).

نتایج این تحقیق نشان داد در صفت میزان پروتئین کل در نمونه‌برداری روز اول، چهارم، هشتم و دوازدهم گل‌های تیمار شده با ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با ۱۰میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره نسبت به شاهد (غلظت صفر میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با غلظت صفر میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره) به‌ترتیب ۰/۱۶، ۱/۲۷، ۲/۲ و ۲/۶ میکرو مول در گرم ماده تازه اختلاف نشان داد. به‌طور کلی نتایج تاثیر تیمارهای این آزمایش بر میزان مالون دی‌آلدئید نشان داد که با گذشت زمان میزان آن افزایش یافت و بیشترین میزان (۷ میکرو مول در گرم ماده تازه) آن در روز ۱۲ام در تیمار شاهد و کمترین میزان (۴/۴ میکرو مول در گرم ماده تازه) آن در تیمار نانو ذرات کلسیم به غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر همراه با تیمار پس از برداشت نقره به غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد. نتایج این تحقیق نشان داد، میزان پروتئین کل در نمونه‌برداری روز اول، چهارم، هشتم و دوازدهم گل‌های تیمار شده با ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با ۱۰میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره نسبت به شاهد (غلظت صفر میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم همراه با غلظت صفر میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات نقره) به‌ترتیب ۳، ۷، ۶/۶۶ و ۵ میکرومول در گرم ماده تازه در دقیقه، اختلاف وجود داشت. به‌طور کلی در صفت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز ابتدا افزایش و سپس کاهش فعالیت این آنزیم مشاهده شد. بیشترین میزان ($unit.g^{-1}.protein$ ۳۵) این صفت در تیمار نانو ذرات کلسیم به غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر همراه با تیمار پس از برداشت نقره به غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر در روز چهارم مشاهده شد و در روز دوازدهم نمونه برداری پس از برداشت بیشترین میزان($unit.g^{-1}.protein$ ۲۸) صفت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در تیمار نانو ذرات کلسیم به غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر همراه با تیمار پس از برداشت نقره به غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر اثر بخش‌ترین تیمار مورد بررسی بود (جداول ۴ و ۵).

گونه‌های فعال اکسیژن باعث پراکسیداسیون لیپیدهای غشا شده که این مهم باعث افزایش نشت یونی و همچنین میزان مالون دی آلدئید و سایر آنزیم‌های دخیل می‌گردد. میزان مالون دی‌آلدئید به عنوان محصول نهایی اکسیداسیون نشان‌دهنده تخریب و افزایش نفوذپذیری غشای سلول‌ها است.کلسیم در مسیر سیگنال‌دهی عمل می‌کند تا با کاهش رادیکال‌های آزاد و پیری گل، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی اصلی را القا کند. این مهم همچنین اجازه می‌دهد تا باعث حفظ غشاء و دیواره سلولی گردد و عمر پس از برداشت گل‌های شاخه بریده را افزایش دهد (Rani and Singh, 2014) برخی از تحقیقات نشان داده است که یون کلسیم (Ca^{2+})، اکسید نیتریک مسئول فرآیند سیگنال‌دهی بیان مولکول‌های مربوط به دفاع گیاه مانند فنل، آنتی‌اکسیدان و آنزیم‌ها می‌باشند (Ma *et al*., 2012). گیاهانی که با تیمارهای کلسیمی تیمار شده‌اند به‌طور قابل توجهی از

سیستم ایمنی فعال‌تری برخوردار هستند و آنزیم‌های دخیل در سیستم ایمنی گیاه تیمار شده بیشتر از سایر گیاهان می‌باشد (Tejeswini *et al.*, 2014; Chandra *et al.*, 2014). کاربرد تیمارهای حاوی کلسیم بر میوه‌های گوجه‌فرنگی منجر به افزایش محتوای کلسیم گردید و از تخریب لیپید غشایی محافظت نمود که آن مسئول پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع چندگانه است (Chéour *et al.*, 2015). همچنین کاربرد کلسیم در میوه‌های گوجه‌فرنگی باعث افزایش تعداد آنزیم‌های مرتبط با دفاع مانند پراکسیداز، پلی فنل اکسیداز، فنیل‌آلانین آمونیالیاز، گردید که این مهم همزمان با افزایش تولید آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند کاتالاز بود. افزایش، پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز در تقویت دیواره سلولی با تجمع لیگنین نقش مهمی دارد و این مهم منجر به محافظت در برابر عوامل بیماری‌زای مهاجم مختلف می‌شود (Chandra *et al.*, 2015).

تیمار همزمان نانو ذرات کلسیم و آسکوربیک اسید باعث کاهش تغییر رنگ بافت در میوه انبه گردیده است (Lo'ay and Ameer, 2019). مالون دی آلدئید یکی از محصولات نهایی اکسیداسیون لیپیدهای غشایی است و یک شاخص حیاتی برای آسیب غشا است (Yan and Chen, 2019). همچنین کلسیم و کلر دی‌اکسید (ClO_2) میزان تنفس و محتوای مالون دی آلدئید را در زردآلوهای سردخانه‌ای کاهش داد (Wu *et al.*, 2015). تیمار گل‌های آلسترومریا با نانو ذرات نقره باعث حفظ کلروفیل و کاهش پراکسیداسیون لیپیدی، افزایش فعالیت سوپراکسید دیسموتاز برای جلوگیری از استرس اکسیداتیو می‌گردد (Langroudi *et al.*, 2019) که با نتایج این تحقیق هم راستا می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر تاثیر نانو ذرات کلسیم و نانو ذرات نقره بر کیفیت و عمر پس از برداشت گل رز شاخه بریده رقم سزن مورد بررسی قرار گرفت، با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق حاضر، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از نانوذرات کلسیم با نانوذرات نقره در مقایسه با تیمار شاهد بر اکثر صفات تأثیر بسزایی داشته است. استفاده از نانو ذرات کلسیم با نانو ذرات نقره با افزایش جذب آب و در نتیجه افزایش وزن تازه نسبی، شرایط عمر گلدان را بهبود می‌بخشد. به‌طور کلی تیمار با غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نانو ذرات کلسیم و نانو ذرات نقره در بیشتر صفات اثر بخش‌تر بود.

منابع

1. Abdolmaleki, M., Khosh-Khui, M., Eshghi, S., & Ramezanian, A. (2015). Improvement in vase life of cut rose cv. 'Dolce Vita' by preharvest foliar application of calcium chloride and salicylic acid. *Intenational Journal of Horticultural Science and Technology*, *21*(1), 55-66. https://doi.org/10.22059/ijhst.2015.54264
2. Abd-El-Hady, W.M.F. (2020). Effect of potassium nitrate and adenosine triphosphate on pre-and post-harvest gerbera (*Gerbera jamesonii* L.). *Scientific Journal of Flowers and Ornamental Plants*, *7*(3), 337–348. https://dx.doi.org/10.21608/sjfop.2020.114574
3. Amin, A.O. (2017). Influence of Nanosilver and stevia extract on cut anthurium inflorescence. *MiddleEast Journal of Applied Sciences*, *7*(2), 299-313.
4. Bagheri, H., Ladan Moghadam, A., Danaee, E., & Abdossi, V. (2021). Morphophysiological and phytochemical changes of *Mentha piperita* using calcium, potassium, iron and manganese nano-fertilizers. *European Journal of Horticultural Science*, *86*(4), 419-430. https://doi.org/10.17660/eJHS.2021/86.4.10
5. Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, *72*, 248–254. https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3
6. Chandra, S., Chakraborty, N., Dasgupta, A., Sarkar, J., Panda, K., & Acharya, K. (2015). Chitosan nanoparticles: A positive modulator of innate immune responses in plants. *Scientific Reports*, *5*, 15195. https://doi.org/10.1038/srep15195
7. Chandra, S., Chakraborty, N., Chakraborty, A., Rai, R., Bera, B., & Acharya, K. (2014). Induction of defense response against blister blight by calcium chloride in tea. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, *47*, 2400–2409. https://doi.org/10.1080/03235408.2014.880555
8. Chéour, F., & Souiden, Y. (2015). Calcium delays the postharvest ripening and related membrane-lipid changes of tomato. *Journal of Nutrition and Food Sciences*, *5*, 393.
9. Chamani, E., Khalighi, A., Joyce, D., Irving, D., Zamani, Z., Mostoufi, Y., Kafi, M., & Falavarjani, M. (2005). Effects of silver thiosulfate and 1-methylcyclopropene on physicochemical characteristics of 'First Red' rose cut flowers. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, *6*(3), 159-170. (In Persian)
10. Combrink, N.J. (2017). Calcium improves gerbera (*Gerbera hybrida*) vase life. *South African Journal of Plant and Soil*, *35*, 235–236. https://doi.org/10.1080/02571862.2017.1354089
11. García-González, A., De Abril Alexandra Soriano-Melgar, L., María Luisa Cid-López Yakeline Cortez-Mazatán, G., Mendoza-Mendoza, E., Alonso Valdez-Aguilar, L., & Darío Peralta-Rodríguez, R. (2022). Effects of calcium

oxide nanoparticles on vase life of gerbera cut flowers. *Scientia Horticulturae, 291*(3), 110532. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110532
12. Ghadimian, S., & Danaei, E. (2020). Influences of ascorbic acid and salicylic acid on vase life of cut flowers rose (*Rosa hybrida* cv. Black magic). *Alkhas, 2*(1), 1-6. http://dx.doi.org/10.29252/alkhass.2.1.1
13. Ghidan, A.Y., & Antary, T.M.A. (2019). *Applications of Nanotechnology in Agriculture*. In M. Stoytcheva, and R. Zlatev (Eds.), Applications of Nanobiotechnology. *IntechOpen*.
14. Giannopolitis, C.N., & Ries, S.K. (1977). Superoxide dismutases: I. Occurrence in higher plants. *Plant Physiology*, *59*(2), 309–314.
15. Handa, A.K., & Mattoo, A.K. (2010). Differential and functional interactions emphasize the multiple roles of polyamines in plants. *Plant Physiology and Biochemistry, 48*, 540–546. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2010.02.009
16. Hajizadeh, H.S. (2016). The study of freesia (*Freesia* spp.) cut flowers quality in relation with nano silver in preservative solutions. *Acta Horticulturae, 1131*, 1-10. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1131.1
17. Halevy, A.H., Torre, S., Borochov, A., Porat, R., Philosoph-Hadas, S., Meir, S., & Fridman, H. (2001). Calcium in regulation of postharvest life of flowers. *Acta Horticulturae, 543*, 345-351. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2001.543.42
18. Hepler, P.K. (2005). Calcium: A central regulator of plant growth and development. *The Plant Cell*, *17*, 2142-2155. https://doi.org/10.1105/tpc.105.032508
19. He, Y., Qian, L., Liu, X., Hu, R., Huang, M., Liu, Y., Chen, G., Losic, D., & Zhu, H. (2018). Graphene oxide as an antimicrobial agent can extend the vase life of cut flowers. *Nano Research*, *11*(11), 6010-6022. https://doi.org/10.1007/s12274-018-2115-8
20. He, S., Joyce, D.C., Irving, D.E., & Faragher, J.D. (2012). Stem end blockage in cut Grevillea ‘Crimson Yul-lo’inflorescences. *Postharvest Biology and Technology*, *41*, 78–84. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.03.002
21. Hosseini Farahi, M., & Aboutalebi Jahromi, A. (2018). Effect of pre-harvest foliar application of polyamines and calcium sulfate on vegetative characteristics and mineral nutrient uptake in *Rosa hybrida*. *Journal of Ornamental Plants, 8*(4), 241-253.
22. Kazaz, S., Dogan, E., Kilic, T., Sahin, E.G.E., & Seyhan, S. (2019). Influence of holding solutions on vase life of cut hydrangea flowers (*Hydrangea macrophylla Thunb*.). *Fresenius Environmental Bulletin*, *28*(4), 3554-3559.
23. Kiafar, H., Mousavi, M., Ebadi, A., Moallemi, N., & Fattahi Moghadam, M. (2020). Effect of Ca nanoparticles on peach cultivars (Valad Abadi and Alberta). *Journal of Agricultural Engineering Soil Science and Agricultural Mechanization, (Scientific Journal of Agriculture)*, *43*(1), 1-14. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22055/agen.2020.28205.1476
24. Koohkan, F., Ahmadi, N., & Ahmadi, S.J. (2014). Improving vase life of carnation cut flowers by silver nano-particles acting as anti-ethylene agent. *Journal of Applied Horticulture*, *16*(3): 210-214.
25. Langroudi, M.E., Hashemabadi, D., Kalatejari, S., & Asadpour, L. (2019). Effect of silver nanoparticles, spermine, salicylic acid and essential oils on vase life of alstroemeria. *Journal of NeotropicalAgriculture*, *6*(2), 100–108.
26. Leus, L., Van Laere, K.., De Riek, J., Huylenbroeck, V. J.R., & Huylenbroeck, V.J. (2018). Ornamental Crops, Hand book of Plant Breeding. *Berlin: Springer*, 719-767. https://doi.org/10.1007/978-3-319-90698-0
27. Li, H., Li, H., Liu, J., Luo, Zh., Joyce, D., & He, Sh. (2017). Nano-silver treatments reduced bacterial colonization and biofilm formation at the stem-ends of cut gladiolus ‘Eerde’ spikes. *Postharvest Biology Technology*, *123*, 102–111. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.08.014
28. Lichanporn, I., Nantachai, N., & Tunganurat, P. (2019). Effect of calcium carbonate-nanoparticles-longkong peel extracts coating on quality browning of longkong fruit. *EasyChair,* 964. https://doi.org/10.29007/xrj9
29. Liu, J., Zhang, Z., Li, H., Lin, X., Lin, S., Joyce, D.C., & He, S. (2018). Alleviation of effects of exogenous ethylene on cut ‘Master’ carnation flowers with nano-silver and silver thiosulfate. *Postharvest Biology and Technology*, *143*, 86-91. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.04.017
30. Lin, X., Li, H., Lin, S., Xu, M., Liu, J., Li, Y., & He, S. (2019). Improving the postharvest performance of cut spray ‘Prince’ carnations by vase treatments with nano-silver and sucrose. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, *94*(4), 513-521. https://doi.org/10.1080/14620316.2019.1572461
31. Lo’ay, A.A., & Ameer, N.N. (2019). Performance of calcium nanoparticles blending with ascorbic acid and alleviation internal browning of ‘Hindi Be-Sennara’ mango fruit at a low temperature. *Scientia Horticulturae, 254*, 199–207. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.05.006
32. Ma, F., Lu, R., Liu, H., Shi, B., Zhang, J., Tan, M., & Jiang, M. (2012). Nitric oxide-activated calcium/calmodulin-dependent protein kinase regulates the abscisic acid-induced antioxidant defense in maize. *Journal of Experimental Botany*, *63*, 4835–4847. https://doi.org/10.1093%2Fjxb%2Fers161
33. Moallaye-Mazraei, S., Chehrazi, M., & Khaleghi, E. (2020). The effect of calcium nanochelate on morphological, physiological, biochemical characteristics and vase life of three cultivars of gerbera under hydroponic system. *Plant Productions, 43*(1), 53–66. https://doi.org/10.22055/ppd.2019.25085.1574

34. Mohamed, A.D.T., Khenizy, S.A.M., Helme, S.S., & El Sayed, H.A. (2018). Improving the quality of gerbera flowers after harvesting. *The Middle East Journal*, *7*(3), 915–931.
35. Mohammadi Ostad Kalayeh, S., Mostofi, Y., & Basirat, M. (2011). Study on some chemical compounds on the vase life of two cultivars of cut roses. *Journal of Ornamental and Horticultural Plants*, *1*(2), 123-128.
36. Naing, A.H., & Kim, C.K. (2020). Application of nano-silver particles to control the postharvest biologyof cut flowers: A review. *Scientia Horticulturae*, *270*, 109463. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109463
37. Nikbakht, A., Kafi, M., Babalar, M., Xia, Y.P., Luo, A., & Etemadi, N. (2008). Effect of humic acid on plant growth, nutrient uptake, and postharvest life of gerbera. *Journal of Plant Nutrition*, *31*(12), 2155–2167. https://doi.org/10.1080/01904160802462819
38. Perik, R.R.J., Raz´e, D., Ferrante, A., & van Doorn, W.G. (2014). Stem bending in cut *Gerbera jamesonii* flowers: effects of a pulse treatment with sucrose and calcium ions. *Postharvest Biology and Technology*, *98*, 7–13. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.06.008
39. Ranjbar, S., Ramezanian, A., & Rahemi, M. (2019). Nano-calcium and its potential to improve 'Red Delicious' apple fruit characteristics. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, *61*(1), 23–30. https://doi.org/10.1007/s13580-019-00168-y
40. Rani, P., & Singh, N. (2014). Senescence and postharvest studies of cut flowers: a critical review. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, *37*(2), 159–201.
41. Reid, M.S., & Jiang C.Z. (2012). Postharvest biology and technology of cut flowers and potted plants. *Horticultural Reviews*, *40*, 1-54. https://doi.org/10.1002/9781118351871.ch1
42. Samadzadeh, H., & Kamiab, F. (2017). Effects of silver and calcium nanoparticles on vase life and some physiological traits of Konst Coco Alstroemeria cut flower. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, *8*, 75–89.
43. Saeed, T., Hassan, I., Abbasi, N.A., & Jilani, G. (2016). Antioxidative activities and qualitative changes in gladiolus cut flowers in response to salicylic acid application. *Scientia Horticulturae*, *210*, 236–241. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.07.034
44. Shafiee-Masouleh, S. (2018). Effects of nano-silver pulsing, calcium sulfate and gibberellin on an antioxidant molecule and vase life of cut gerbera flowers. *Advances in Horticultural Science*, *32*(2), 185–192.
45. Skutnik, E., Jędrzejuk, A., Rabiza-Świder, J., Rochala-Wojciechowska, J., Latkowska, M., & Łukaszewska, A. (2020). Nanosilver as a novel biocide for control of senescence in garden cosmos. *Scientific Reports*, *10*(1), 1-9. https://doi.org/10.1038/s41598-020-67098-z
46. Stewart, R.R., & Bewley, J.D. (1980). Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes. *Plant Physiology*, *65*(2), 245–248. https://doi.org/10.1104/pp.65.2.245
47. Sudaria, M.A., Uthairatanakij, A., & Nuguyen, H.T. (2017). Postharvest quality effects of different vaselife solutions on cut rose (*Rosa hybrida* L.). *International Journal of Agriculture Forestry and Life Sciences*, *1*(1), 12-20.
48. Tejeswini, M.G., Sowmya, H.V., Swarnalatha, S.P., & Negi, P.S. (2014). Antifungal activity of essential oils and their combinations in vitro and in vivo conditions. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, *47*, 564–570. https://doi.org/10.1080/03235408.2013.814235
49. Tran, Q.H., & Le, A.T. (2013). Silver nanoparticles: synthesis, properties, toxicology, applications and perspectives. Advances in Natural Sciences. *Nanoscience and Nanotechnology*, *4*(3), 4033001. https://doi.org/10.1088/2043-6262/4/3/033001
50. Vinodh, S., Kannan, M., & Jawaharlal, M. (2013). Effect of nanosilver and sucrose on post-harvest quality of cut Asiatic Lilium cv. Tresor. *The Bioscan*, *8*(3), 901-90.
51. Yan, A., & Chen, Z. (2019). Impacts of silver nanoparticles on plants: a focus on the phytotoxicity and underlying mechanism. *International Journal of Molecular Sciences*, *20*(5), 1003. https://doi.org/10.3390/ijms20051003
52. Wu, B., Guo, Q., Wang, G.X., Peng, X.Y., Wang, J.D., & Che, F.B. (2015). Effects of different postharvest treatments on the physiology and quality of 'xiaobai' apricots at room temperature. *Journal of Food Science and Technology*, *52*, 2247–2255. https://doi.org/10.1007%2Fs13197-014-1288-8